

⑤ Int.Cl.⁴
G 01 F 23/28識別記号 庁内整理番号
A-7355-2F

④ 公開 昭和64年(1989)3月6日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑬ 発明の名称 融液の液面レベル検出方法

⑭ 特 願 昭62-218486

⑮ 出 願 昭62(1987)8月31日

⑯ 発 明 者	宮 崎 義 正	神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日本製鐵株式会社 第一技術研究所内
⑰ 発 明 者	木 下 和 宏	山口県光市大字島田3434 ニッテツ電子株式会社光工場内
⑱ 出 願 人	新日本製鐵株式会社	東京都千代田区大手町2丁目6番3号
⑲ 出 願 人	ニッテツ電子株式会社	東京都千代田区大手町2丁目7番1号
⑳ 代 理 人	弁理士 小 堀 益	外2名

明 細 査

1. 発明の名称 融液の液面レベル検出方法

2. 特許請求の範囲

1. 融液の液面の上方に検出子及びカメラを固設し、該検出子と該検出子の前記液面上の反映像とを前記カメラで捕らえ、該検出子上の点と該点に対応する前記反映像上の点との間隔を検知することを特徴とする融液の液面レベル検出方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、チョクラルスキー法によって単結晶棒を融液から引き上げる場合のように、変動し易い融液の液面レベルを正確に検出する方法に関する。

〔従来の技術〕

坩埚内の溶融した原料融液に単結晶の種を浸して、この種を枝として単結晶棒を連続的に引き上げる方法として、チョクラルスキー法がある。

この方法においては、製造される単結晶棒の

直径を正確に制御するために、融液の液面レベルを検出し、この検出結果に基づいて引上げ速度や坩埚上昇速度等の操業条件を調整することが必要となる。また、液面レベルを一定にすることによって、液面近傍の温度分布や酸素濃度等を安定化させ、単結晶棒の材質を一定にすることも必要である。

そこで、融液の液面レベルを検出する手段として、第4図に示した方式が採用されている。

第4図(a)の方式は、たとえば特開昭61-36197号公報で紹介されているものであり、シリコン原料等の融液1に、発光器2及び受光器3を一組として配置している。発光器2からの入射光 θ_1 は、融液1の液面で反射され、反射光 θ_2 となって受光器3に到達する。このとき、融液1の液面レベルに応じて、反射光 θ_2 が受光器3に進入する角度 α が相違する。そこで、この受光角 α に基づいて融液1の液面レベルを検出している。

また、同図(b)の方式は、インピーダンス測定器4の測定コイル5を融液1の液面近傍に配置し、

測定コイル5と融液1の液面との間の距離dが変わることによって、測定コイル5のインピーダンスが変化することを利用して、距離dを測定するものである。

〔発明が解決しようとする問題点〕

第4図(a)のように発光器2及び受光器3を配置する場合、液面レベル測定のために専用の機構が必要となる。そのため、設備にかかる経済的な負担が増加する。また、発光器2及び受光器3を引上げ装置に組み込むため、装置の設計が複雑なものとなり、その保守・管理が面倒になる。

他方、第4図(b)のようにインピーダンス測定器4を使用する場合、その測定コイル5を融液1の液面近傍に配置する必要がある。ところが、たとえば融液1としてシリコンを使用するとき、融液1の温度は1410～1500℃に維持される。この融液1の熱輻射によって測定コイル5は、1200℃以上の高温に曝される。このような高温雰囲気下では測定コイル5の耐久性が劣化し、短期間の内に正確な測定ができなくなる。

って捕らえることができる。また、検出子で反射された輻射線は融液の液面で更に反射するので、該検出子の液面上の反映像をカメラで捕らえることができる。

このようにしてカメラで捕らえた検出子及びその反映像について、検出子上の点と該点に対応する反映像上の点との間隔を検知することにより、検出子上の点と融液の液面との間隔を検知する。ここで、検出子は位置が固定されており、形状及び大きさが検出中に不変に保たれているので、この間隔の検知によって液面レベルが検出される。カメラで捕らえた検出子及びその反映像から前記2点間の間隔を検知するには、次のような手段がある。

- (1) テレビカメラ又はイメージセンサーカメラで受信したものを画像表示して、2点間の間隔をスケール等で測定する。
- (2) 同上の間隔に対応する信号を出力する。
- (3) イメージセンサーカメラで受信したものを画像表示せずに、直接2点間の間隔に対応する信

そこで、本発明は、設備負担を招くことなく、融液の液面レベルを精度良く安定して検出することを目的とする。

〔問題点を解決するための手段及び作用〕

本発明の液面レベル検出方法は、その目的を達成するため、融液の液面上方に検出子及びカメラを固設し、該検出子と該検出子の前記液面上の反映像とを前記カメラで捕らえ、該検出子上の点と該点に対応する前記反映像上の点との間隔を検出することを特徴とする。

本発明において、検出子とは、その形状及び大きさが液面レベル検出中に不変であって、カメラによりその像が捕らえられるものであれば良い。また、液面レベル検出用として特別に設置することなく、液面上に既設されているものを兼用することもできる。また、カメラとしては、テレビカメラ、イメージセンサーカメラ、ラインスキャニングカメラ等を使用することができる。

融液の液面上方に配置された検出子は、高温の融液からの輻射熱を反射するので、カメラによ

号として出力する。

- (4) ラインスキャニングカメラ（一次元のイメージセンサーカメラ）を、2点を通る方向にスキャニングさせ、2点間の間隔に対応する信号として出力する。

以下、図面を参照しながら、チョクラルスキー法による単結晶の引上げを例にとって本発明の特徴を具体的に説明する。

第1図は、その例で使用した引上げ装置の一例を示す。

融液1を収容した坩堝6は、ヒータ7に取り囲まれて、チャンバー8内に配置されている。この融液1に単結晶の種9が浸され、種9に連続して成長した単結晶が単結晶棒10として融液1から引き上げられる。このとき、単結晶棒10が引き上げられている融液1の液面は、内部の高温状態にある融液が露出されるので、大きな光源となる。そこで、融液1の上方に検出子11を配置して、この光源からの輻射によって検出子11の下端11aを輝かせている。

検出子11の下端11aは、その反映像が融液1の液面に投影されるように、融液1の液面近傍に位置している。具体的には、検出子11の下端11aと融液1の液面との間の距離は、5～30mm程度に維持される。

そこで、この検出子11の下端11aと、それが融液1の液面上に投影されてできた反映像15aとをチャンパー8の器壁に設けたカメラ14で観察する。検出子11はチャンパー8に固設されており、カーボン等の耐熱材料で形成されている。この検出子11の下端11aの位置、形状及び大きさは不変に保たれる。したがって、融液1の液面レベルは、下端11aとの距離として検出することができる。

第2図は、第1図におけるカメラ14としてテレビカメラを使用し、検出子11とその液面上の反映像15を観察した画像である。そして、検出子11の下端上の点11aとそれに対応する反映像15上の点15aとの間隔に基づいて液面を検出する。

第3図は、検出子11の下端11aと、それが融液1の液面に投影された反映像15の対応する点15a

と、カメラ14との位置関係を示す。図中、記号Aは、検出子11の下端11aの位置を表し、この位置Aから融液1の液面レベルLに向けて垂直に下ろした点がHである。また、記号Cは下端11aに対応する反映像15の点15aの位置を表し、記号Oは工業用カメラ14の位置を表す。そして、直線OC上で点Oから線分OAの長さに等しい点Bと点Aとを結んだ線分ABの長さが、第2図に示す画像において距離bとして現れる。

線分ABと距離bとの比率が、検出子11の実際の直径aと画面上の直径cとの比率に等しいので、次式(1)が成立する。

$$\frac{AB}{c} = \frac{a \times b}{c} \quad \dots \dots (1)$$

また、液面レベルLの垂線に対する線分OAの角度、すなわちカメラ14の傾斜角を β とし、 $\angle AOB$ すなわち視角を θ とすると、

$$\angle ACB = 2(\beta - \theta), \quad \angle CAH = (\beta - \theta) \quad \text{となる。}$$

したがって、

11の下端11aそれに対応する反映像15の点15aとの間隔bを測定することにより、液面レベルを検出子11との距離として検出することができる。

なお、第1図の例において、カメラ14として、工業用テレビカメラ及びイメージセンサーカメラを使用することができる。また、単結晶棒10の直接制御用にカメラが設置されている場合は、それを用いることもできる。

また、第2図のような画像について間隔bを測定することなく、たとえばテレビカメラにおける走査線の数、イメージセンサーカメラにおけるビット位置等の間隔bに対応する信号を出力させることによって、液面レベルを検出することもできる。この場合、間隔bに対応する信号を液面レベルとの関係を予め校正曲線等により求めておく。たとえば、第1図において、融液1が存在しない状態で反射板を液面と平行に配置し、この反射板の高さ方向位置を変化させて、第2図における間隔bとの関係を求めておく。

イメージセンサーカメラを使用する場合は、第

$$AH = AC \cos(\beta - \theta) \quad \dots \dots (2)$$

他方、線分ABに比較して線分OAは非常に長いものであるから、 $\angle ABO \approx 90^\circ$ とおける。したがって、線分ACは、次式で表される。

$$AC = \frac{AB}{\sin 2(\beta - \theta)} \quad \dots \dots (3)$$

となる。これら式(1)～(3)から線分AHは、次式(4)のように変換される。

$$\begin{aligned} AH &= \frac{\cos(\beta - \theta)}{\sin 2(\beta - \theta)} \times \frac{a \times b}{c} \\ &= \frac{1}{2 \sin(\beta - \theta)} \times \frac{a}{c} \times b \quad \dots \dots (4) \end{aligned}$$

ここで、第1図の例では、 $\sin \beta = 0.47$ であり、またカメラの傾斜角 β に比較して視角 θ は十分に小さいものであるから、式(4)は、次式(5)に変換される。

$$AH = (a \times b) / (0.94 \times c) \quad \dots \dots (5)$$

したがって、カメラで撮像した画像上の寸法と実寸との比 a/c を与えると、画像上で検出子

2 図のような画像を表示しなくても、検出子11の下端11a 及びその反映像15をカメラの何ビット目の位置で検出したかを判断させ、これを信号として出力させれば良い。ラインスキャニングカメラを使用する場合、スキャニングの方向を検出子11の下端11a 及びその反映像15を通る方向に予め一致させておき、イメージセンサーカメラと同様に信号を出力させれば良い。

また、カメラで捕らえて検知する検出子11の位置は、下端に限らず、カメラで識別できる限りにおいて任意の位置とすることができる。

上述の説明は、融液の液面レベルがどの位置にあるかを検出すること、すなわち液面レベルの測定に関するものであるが、単結晶の引上げにおけるように液面レベルが常に所定位置にあるように操業条件を調整する場合には、液面レベルを数値として求めなくても良い。すなわち、液面レベルが所定位置にあるときの検出子上のある点と該点の液面上の反映像との間隔に対応するカメラからの信号値を記憶させておき、この信号値に基づい

下端11a とその反映像15の対応する点15a との間隔は8.0 mmであったので、これを式(6)に代入すると、線分AHの長さは、

$$\overline{AH} = 1.17 \times 8.0 = 9.4 \text{ mm} \quad \dots (7)$$

となる。

これに対し、単結晶の種9の昇降装置を用いて検出子11の下端11a ～融液1の液面間の距離を実測した場合の値は、9.5 mmであった。なお、この実測は、次のようにして行った。シリコン等の原料を溶解する前に、種9を昇降させて、その下端と検出子11の下端11a とが一致する位置xを検出する。ここで、種9の下端と検出子11の下端11a との一致は、開放された状態のチャンバー8内で定規等を用いて確認した。次いで、原料を溶解して融液1を調整した後、種9を下降させ、その下端が融液1の液面に接触した位置yを測定した。この位置xと位置yとの差(x-y)が前述の実測値である。

本発明の方法により検出された測定値を実測値と比較することから明らかなように、本発明によ

て操業条件を調整してやれば良い。

また、以上の説明においては、単結晶棒の引上げを例にとっている。しかし、本発明はこれに拘束されるものではなく、金属材料のパウダーレス連続鑄造(湯面にパウダーを浮かべない)等における湯面レベルの測定に適用することができるのは勿論である。

〔実施例〕

第1図に示すチョクラルスキー法による単結晶引上げ装置において、検出子11の下端11a と反映像15の対応する点15a との間隔を測定した。カメラ14としては工業用テレビカメラを使用し、傾斜角 β を27度($\sin \beta = 0.47$) とし、検出子11の直径aを10 mmとした。

このとき、画面上に現れた検出子11の直径cは11 mmであった。したがって、線分AHの長さを変す式(5)は、次式(6)となる。

$$\begin{aligned} \overline{AH} &= (11 \times b) / (0.94 \times 10) \\ &= 1.17 \times b \quad \dots (6) \end{aligned}$$

第2図に示すような画面上に現れた検出子11の

るとき検出子11の下端11a ～融液1の液面間の距離をほぼ正確に把握することができる。なお、本実施例においては、線分OAに比較して線分ABの長さが無視できる程度に小さいことを前提にしている。この近似が成立するのは、検出子11の下端11a ～融液1の液面間の距離がおおよそ20 mm以下の場合である。

〔発明の効果〕

以上に説明したように、本発明においては、検出子の下端と、その下端が融液の液面に投影された反映像とを観察し、その視角に基づいてスクリーン下端～融液の液面間の距離を算出することにより、受光器、発光器等の専用設備を必要とすることなく、正確な液面レベルの検出が可能となる。また、インピーダンス測定器の測定コイルのように融液の液面近傍に配置されて、耐久性が劣化するものを必要としないため、長期間にわたって高精度の検出が可能となる。このような融液の液面の高精度且つ安定した検出によって、液面を所定位置に調整し、単結晶の引上げや金属材料の

連続鋳造において材質の優れた製品を得ることができる。

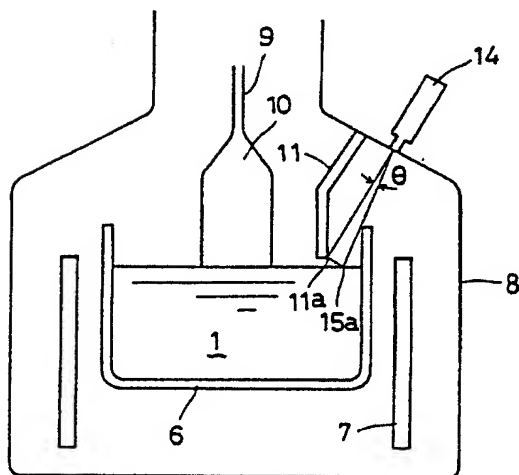
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の方法を実施するために使用した引上げ装置の一例を示し、第2図はカメラで撮像された画像の例を示し、第3図は検出子の下端とその反映像及びカメラの位置関係を示す。他方、第4図は、従来の液面レベル検出方法の2例を説明するための図である。

特許出願人 新日本製鐵 株式会社（ほか1名）

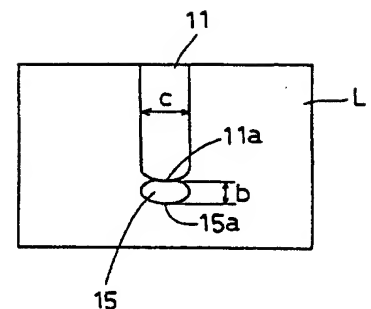
代理人 小堀 益（ほか2名）

第1図



- | | |
|----------|-------------------|
| 1: 融液 | 11: 検出子 |
| 6: 坩堝 | 11a: 検出子11の下端 |
| 7: ヒータ | 14: カメラ |
| 8: チャンバー | 15a: 検出子下端11aの反映像 |
| 9: 単結晶の種 | |
| 10: 単結晶棒 | |
| θ: 視角 | |

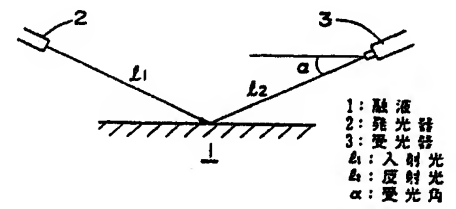
第2図



- | |
|-------------------------|
| 11: 検出子 |
| 11a: 検出子11の下端 |
| 15: 検出子11の液面上の反映像 |
| 15a: 検出子下端11aの反映像 |
| b: 下端11a～反映像15a間の画面上の距離 |
| c: 検出子11の画面上の直径 |
| L: 液面 |

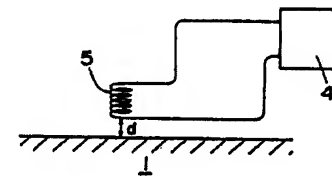
第 4 图

(a)



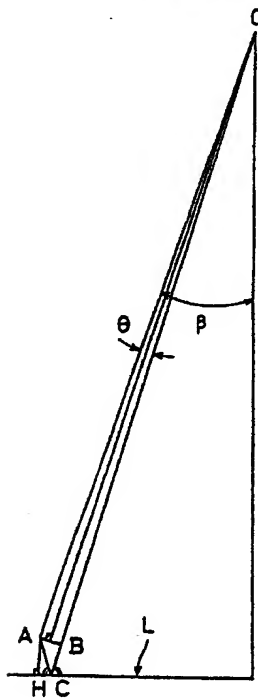
1: 融液
2: 發光體
3: 受光體
 i : 入射光
 r : 反射光
 α : 受光角

(b)



1: 融液
4: インピーダンス測定器
5: 測定コイル
d: 測定コイル～融液の液面間の距離

第 3 圖



A: 検出子端11aの位置
B: 検出子O下下等しい直線OC上の点
C: 検出子下下端11aの投影点
H: 検出子下下端11aの投影点
O: 工煮液用1カメの位置
L: 融液用1カメの位置
B: 工煮液用1カメの傾斜角
θ: 検出子A Bの傾斜角